

Milyen biológiai okai vannak a biológiai fölösiszap csökkentésnek?

1. Bevezetés

A biológiai szennyvíztisztító telepeken ma Magyarországon a legfőbb probléma, hogy nem hatékony a nitrifikáció a téli időszakban és emellett nagy mennyiségű fölös iszap keletkezik. Különösen ez utóbbi a gond, mert az iszap víztelenítése és elhelyezése a legmagasabb költség elem a szennyvíztelepek üzemeltetése során. Ezen két problémák következménye indirekt módon a szennyvíz telepeken jelentkező habzás, fonalásodás, illetve a téli időszakban fellépő instabil üzemmenet.

A következőkben ezen problémákat fogjuk körül járni, biológiai okait fogjuk megmutatni. Úgy, hogy abból a mindennapi életbe is hasznosítható következtetéseket fogunk le vonni.

2. Magyarországon működő szennyvíztelepek jellemzői és ennek okai

Egy szennyvíztelep két okból nem szokott jól működni, egyrészt üzemeltetési hibák miatt, másrészt a tervezés során nem valós terhelési értékekre lett tervezve.

Ezek a következő műszaki okokban mutatkoznak meg általában:

- kis eleven iszapos tér lett kiépítve,
- a levegőztetési kapacitás lett alul méretezve,
- az eleveniszapos medencék kialakítása nem megfelelő
- nem biztosított a szükséges iszap elvétel és víztelenítési kapacitás.

Természetesen, lehetnek egyéb okok is, de ezek a legfőbb okai egy szennyvíztelep alul méretezésének, és ezek közül legalább egy megjelenik minden újonnan tervezett telepen. Ha egy szennyvíztisztító telepen tervezési hibák vannak, annak üzemeltetése különösen nehéz és drága. Mivel az üzemeltetőnek nem feladata a telep újra gondolása és erre az esetek többségében sem anyagi kapacitása, sem lehetősége nincs, így a szennyvíztelepek tervezőinek nagy a felelőssége, mivel hosszú távra meghatározzák a szennyvíztelepek üzemeltetési költségeit és a kifolyó víz paramétereit.

Miben áll a tervezők felelőssége?

A fő probléma az, hogy a tisztítást végző eleven iszapot, mint baktérium tömeget kezelik, amik képesek KOI-t bontani, nitrifikálni és denitrifikálni, viszont, arról sajnos csak kevés tudásuk van, hogy ezeken a baktériumokon túl másoknak is meg kell jelenniük, hogy a tisztítás minősége megfelelő legyen és a költségek minimális szinten tartása megvalósulhasson. Az esetek nagy többségében fontosabb szempont, hogy egy gép hatékonyan működjön – erre végzik el az optimalizálást -, ahelyett hogy a technológia optimális körülményeit keresnék. Könnyű belátni, hogy ez utóbbi fontosabb szempont, már csak azért is, mivel a legnagyobb költség elem egy szennyvíztisztító telepen a fölösiszap kezelése és elhelyezése és nem az elektromos energia felhasználás.

A szennyvíztisztító telepeket számítógépes programok alapján tervezik.

Mi történne, ha ezeket a biológiai folyamatok ismerete mellett tennék meg? Most erre keressük a választ!

3. Szennyvíztisztító telepek felépítése és költségei

Magyarországi szennyvíztisztító telepek csoportosítása:

- Első típus: Egyterű aerob medence - 1,5 napos tartózkodási idővel -, amiben idővezérelt anoxikus/aerob ciklusokkal folyik a tisztítás.
- Második típus: nagy anaerob és anoxikus térrész, egyterű aerob medencével.
- Harmadik típus: két lépcsős, nagy közbenső ülepítővel rendelkező technológia, első lépcsőn részleges nitrifikációval, kis aerob térfogattal.

Ezekben az a közös, hogy magas fölősiszap kihozattal rendelkeznek. A szomorú az, hogy ebbe a három csoportba gyakorlatilag az összes ma létező magyarországi szennyvíztisztító telepi technológia besorolható.

Végeztünk egy felmérést még a korábbi években, hogy az így működő szennyvíztelepeken milyen költség megoszlás van. Az itt megadott adatok gyakorlatilag egy megye nagyságú terület több víz művének az átlagát mutatják. A felméréseket nyugati és keleti megyékben végeztük.

A felmérés során azt kaptuk, hogy a szennyvíz díj kb. 50-55%-t az üzemeltetők a szennyvíztisztító telepek üzemeltetésére fordítják:

- Ennek: 40-45%-a az iszap feldolgozás és elhelyezés költsége
- 25-30%-a elektromos energia költsége.
- 20-25%-a bérköltség
- 5-10%-a egyéb költség.

Vagyis, ha a díj költsége 250Ft/m³, ennek 52,5%-a a szennyvíztelep költsége, akkor ebből az iszap elhelyezés költsége kb. 55,8Ft/m³, míg az elektromos energia díja kb. 36,1Ft/m³-nek adódik.

Vagyis egy 1000m³/napos telepen keletkező víztelenített iszap mennyisége - 400 gBOI₅/m³ vagyis 800 gKOI/m³ mellett - kb. 2,5-3 tonna/nap (16%-os szárazanyag tartalmú.)

Ebben az a biológia, ami az iszap feldolgozás és elhelyezés költségében van elrejtve!

Vagyis nem mindegy, hogy mennyi iszapot kell feldolgozni és elhelyezni és mindezt mennyiért.

4. A szennyvíztelepek működésének biológiai alapjai

A biológiai működésnek 3 szintje van. A gyakorlati szakemberek számára ezek közül egy szint ismert. Ez a szint a baktériumok légzésével foglalkozik.

Mi az általános élő fogalomból indulunk ki. Először az élő értelmezzük, majd utána megmutatjuk, hogy ez milyen következmények von maga után a szennyvíztelepeken.

A biológiai egyedek értelmezését egy Erwin Schrödinger nevű osztrák úr – főállásban fizikus - írta le először 1944-ben, Írországban. Ez a leírás nem egy faj vizsgálat volt. Az élő alapvető tulajdonságait kereste. És ezt, mint az állandósult állapotot írta le.

Az állandósult állapot, nem az egyensúlyi állapot. Az utóbbi a kémiai reakciók jellemzésére szolgál. Csak azok a kémia reakciók mehetnek végbe, azok az anyagok képesek átalakulni termékeiké, amely anyagok összes energiája nagyobb adott körülmények között, mint a termékeiké. Vagyis a reakció során minden esetben energiának kell felszabadulnia amíg a rendszer nem jut egyensúlyba, ahol a stabil állapotot eléri. Ez a nem élő anyagra jellemző. Ami akkor megy végbe egy élő szervezetben, ha az elpusztul, ugyanis, akkor a nem élő anyagra jellemző folyamatok játszódnak le benne is.

Evvel szemben az élő szervezet nem az egyensúlyra törekszik. Az élőszervezet, un. állandósult állapotban van. Ezt az előbbivel szemben úgy jellemezhetjük, hogy külső energia és anyag felvétel és leadás segítségével – ami anyag formájában történik meg -, egy belső kód rendszer felhasználásával – genetikai kóddal – a szervezet újra és újra megújítja magát és egy magasabb energia szinten tartja. Ami energia szint a kémiai reakciókra épül természetesen. De ez a szervezethez lehetővé teszi, hogy a sejtmembrán közé zárt egyed energetikailag folyamatosan olyan állapotban tartsa az anyag- és energiaáramlás segítségével, hogy benne megjelenhessen az előre jellemző változás, mozgás és szaporodás tulajdonsága.

Amikor a szennyvízben lévő baktériumok esetében a légzés mechanizmusát írjuk le, akkor a legfontosabb energianyerő folyamattal jellemezzük őket. Ez így helyes, hisz az élő szervezet egy olyan belső tulajdonságát adjuk meg, ami alapvetően meghatározza helyüket az eleven iszapban. (És ez sokkal fontosabb tulajdonságuk, mint a külső, vagyis, hogy ezek milyen formát vesznek fel, gram pozitívak vagy esetleg negatívak. Ez utóbbiak számunkra – emberek számára - fontos, akik csak ez alapján tudják megkülönböztetni őket.)

A legfontosabb légzési formák az 1. táblázatban láthatók, a teljesség igénye nélkül. Mint látható, a légzési formákhoz különböző redoxi-potenciálok tartoznak, ezek minél magasabb értékek, annál nagyobb energia nyerhető ki azonos KOI-ból, illetve pl. glükóz-cukor molekulából egy adott baktériumnak. Vagyis nagyon nem mindegy, hogy egy baktérium azonos KOI-t oxigén jelenlétében tud lebontani, és abból 36 ATP szintetizál – vagy adott körülmények között csak fermentálni képes és 2db ATP-t tud szintetizálni. (A baktériumok a kinyert energiát kémiai kötésben tárolják és ATP-t – Adenozin-trifoszfátot - állítanak elő belőle. Ezen molekulák száma minél nagyobb, annál több energia volt kinyerhető az adott légzés során.) (A rothasztókban folyó metán termelés egy ATP termeléssel jár keletkező metán molekulánként, de ehhez egy bonyolult baktérium közösség kémiai együttműködése kell, nem standard körülmények között. Ahol a fermentáció során glükózból keletkezett 2 molekula 2 szénatomos savat vagy alkoholt 2db széndioxidá és metánná alakítják. És az összenergia nyereség csak együttműködésük esetén valósul meg. E miatt alacsony az anaerob baktériumok szaporodása és hőtermelése, ezért kell fűteni őket. De ezért is szeretjük őket, mivel nem a testtömegükbe építik be a szenet, hanem metánt állítanak elő a tápanyagból.)

Tehát, ha egy baktérium tud oxigén légzést végezni, akkor lehetőleg azt végzi, ha nem tud, akkor lehetőleg nitrát légzést végez, de ha a légzéshez nincs jelen se oxigén, se vas, se nitrát és se szulfát, akkor fermentálni fog. Ha van ehhez genetikailag kódolt rendszere. Ha nem, akkor el fog pusztulni. És az iszapban egy olyan baktérium fog megjelenni, ami képes fermentálni.

1. Táblázat:

Légzés/fermentáció típusa:	Elektron akceptor	Keletkező vegyület	redoxpotenciál értékek *	Hatása:
Oxigén légzés	Oxigén	Víz	820/400 mV	
Vas-légzés	Fe ³⁺	Fe ²⁺	750/200 mV	

Nitrát-légzés	Nitrát	Nitrogén	400/-50 mV	
Szulfát-légzés	Szulfát	Kén-hidrogén	-150/-220 mV	Mérgező / korrozív
fermentáció	Oxidált vegy.	Redukált vegy.	≤0mV/-150 mV	**
obligát anaerob, szénlégzés.	széndioxid	metán	≤-250/-400 mV	

(Elődi Pál, 1989 - Michael T. Madigan, John Martinko, Jack Parker, 2003)

*Az első érték a sejtekben, míg a második érték a baktériumokat körülvevő vizes közegben mérhető.

** Itt fermentációs melléktermékként a következő vegyületek keletkezhetnek, amik erős szagot is adhatnak: tejsav, propionsav, butánsav, vajsav, más illósavak, ketonok és diacetilok. De ide tartozik az etilalkohol is.

Az eleven iszap nem csak baktériumokból áll, hanem csillósokból és egyéb magasabb rendű szervezetekből – jó esetben. Ezek hogy jelenhetnek meg, ha sokszor a baktériumok legmagasabb szintű élőlényei – az oxigén légzők - sem tudnak megélni?

A szennyvíztisztítás során főleg oxigén légző baktériumokkal dolgoztatunk, és ezért van létjogosultsága vizsgálni, hogy milyen magasabb rendű élőlények jelenhetnek meg, és ehhez milyen körülményeket kell biztosítani. Ugyanis, minden baktériumnál fejlettebb élőlény csak oxigén légzést végez, mivel a baktériumban az evolúció folyamán kifejlesztett legjobb rendszert örökölték meg.

A magasabb rendű élőlények olyanok az eleven iszapban, mint eltévedt utasok, akik betöltik azt a teret, amiben még meg tudnak élni.

Olyanok, mint a pionír növények – magyarul a gazok. Ezek szaporodását jól meg lehet figyelni egy szennyvíztelepen. Amikor egy új szennyvíztelepet átadnak, ahhoz hozzá tartozik a megbolygatott terület újra füvesítése. De itt még, mielőtt megtörténik a füvesítés megjelennek a gazok – hívjuk őket pionír növénynek, sokkal szebb. Mik is ezek? Olyan élőlények, amik inkább választják a pusztát, alacsony humusz tartalmú területet, mint hogy versenyre kelnének a helyért más növényekkel. Ezek, ha befüvesítjük a területet és elkezdjük kaszálni, akkor egy idő után eltűnnek. Ha viszont nem teszünk semmit, akkor ugyan megjelennek a fűvek és részben elnyomják őket, de megjelennek a cserjék és a fák is. Egy idő után bozótot találunk a pusztát földön. (Ehhez több 10 év kell a növényvilág számára.) Ha ez a biológiai folyamat végig futhat, a végső állapotot klimax-ökoszisztémának hívják.

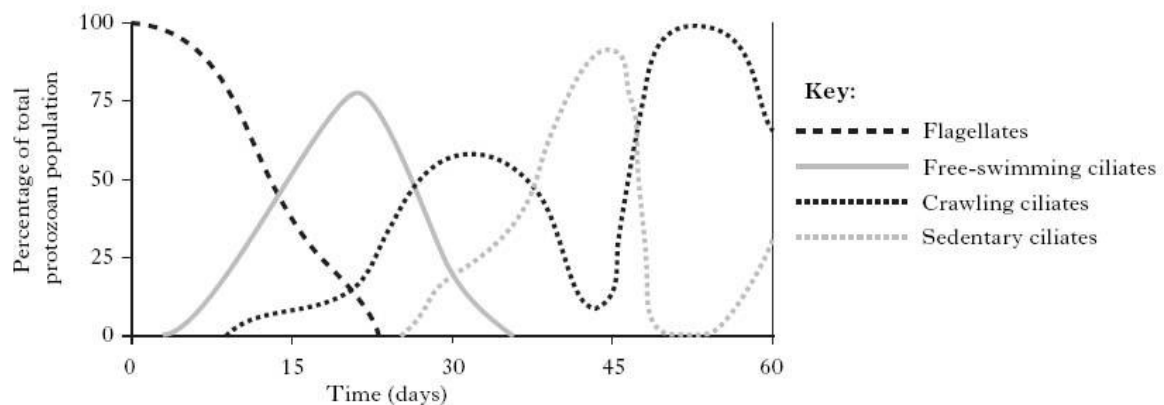
Egy másik példa. 1970-es években Magyarországon a tudós természetvédők elhatározták, hogy megőrzik a régi természeti értékeket. Ezért a Bükk fennsíkra kitiltották az évszázadok óta ott legeltető pásztorokat és megtiltották a fennsíkok kaszálását. Öt év múlva megdöbbenve látták, hogy a füves fennsíkok kezdenek eltűnni. Megjelentek a cserjék és a fák. Nem volt mit tenni, vissza kellett engedni a pásztorokat, hogy a régi állapot és a korábban természetes világ megmaradjon. A kaszálás és a legeltetés, mint egy külső szabályozó tényező tartotta fenn azt az állapotot, azt az ökoszisztémát, amit meg akartak őrizni. Az ember – és indirekt módon az állatok tevékenysége – nem hagyta, hogy a biológiai folyamat tovább menjen – így alakult ki évszázadok alatt a legelő, mint természetes ökoszisztéma.

5. Szennyvíztelepek ökoszisztémája

A szennyvíztelepek egy ökológiai egységet alkotnak, ahol a medencék fala az ökoszisztéma határa. Az oda befolyó vizek szennyező anyag tartalma szolgáltatja ennek a nagy élő közösségnek a tápanyagot – KOI és ammónia – formájában. A bevitt levegő a légzéshez szükséges oxigén eljuttatása miatt fontos. Evvel tudjuk elérni, hogy azok az aerob baktériumok szaporodjanak el, amik a leggyorsabban képesek lebontani, szag nélkül a szennyező anyagokat. Ez viszont azt jelenti, hogy mivel sok energiát tudnak termelni a felvett KOI-ból - egy glükózból 36db ATP-t - csak keveset kell átalakítaniuk széndioxiddá, a többit felhasználva gyorsan szaporodnak – 20-30 perces ciklusban - és testüket megduplázva tömeget növelnek hihetetlen gyorsan. Vagyis itt szükségszerűen egy nagy mennyiségű iszap tömeg keletkezik.

Egy olyan vizes rendszerbe - ahová egy alkalommal beengednek szennyezést, majd a környezetből folyamatosan oxigént vesz fel - először megjelennek a baktériumok, majd az amőbák, ostorosok, majd a csillósok protozókák, majd a ragadozók. (Majd egy hosszabb idő után a magasabb rendű gerincesek is.) Úgy, mint az alábbi ábrán látható. Jól látható, hogy a napok számával, hogy változik az iszapban magasabb rendűek összetétele: (ostorosok, szabadon úszó csillósok, vándorló csillósok, nem vándorló csillósok)

1. Ábra. Magasabb rendű élőlények megjelenése és eloszlása egy tisztuló vízi környezetben



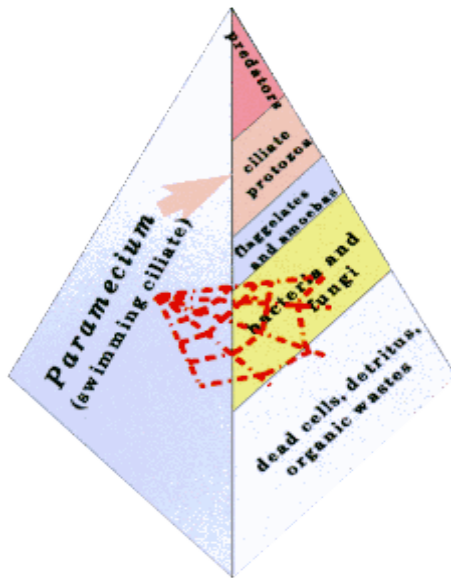
Ez egy szennyvíztelepen nem történhet meg, mert ott folyamatos terhelésnek van kitéve a betonba zárt ökoszisztéma. Annyi könnyebbséggel, hogy a nagy iszap koncentrációhoz szükséges oxigén rendelkezésre áll. Itt az történik, ami a Bükk fennsíkán évszázadok során. A baktériumok elszaporodnak és a magasabb rendű élőlények is, az ostorosok, csillósok és a prozókák – ha lehetőségük van rá.

Ugyanis a magasabb rendű élőlények megjelenésének vannak feltételei. És ezeket nem mindig tudjuk biztosítani a beton medencékben.

A cél, hogy ezeket minél magasabb szintre emeljük, mert minél több szint épül ki, annál több lépcsőben dolgozzák fel az élőlények a szennyező anyagokat. És annál több anyagot alakítanak energiává vagyis lélegeznek ki széndioxid formájában.

2. Ábra. Az un. táplálék piramis az eleven iszapban, felépülése és az egyes élőlények mérete:

Food Pyramid



Ragadozók	100-1000 μ m
Csillósok, Protozókák,	20-100 μ m
Ostorosok és amóbák,	3-80 μ m
Baktériumok és egysejtű gombák,	1-3 μ m
Elhalt sejtek, szenny- és lebegőanyagok,	1nm-1 μ m

Az ábrán nem véletlenül vannak az ökoszisztémák piramis alakban ábrázolva, az a tapasztalat, hogy az egyes csoportok élőlényeinek össz testtömege ilyen módon csökken. És ez egy szennyvíztisztító telepen arányos a fölös iszap mennyiséggel. Ezt az ábrát, ha másképp ábrázoljuk, akkor megkapjuk a várható fölösszap mennyiség csökkenést is. Vagyis úgy, ahogy a 2. Ábrán látható a magyar nyelvű leírásnál.

Vagyis 1kg KOI-ból kb. 0,6-0,8kg szárazanyag tartalmú eleveniszap keletkezik, míg ha a megjelenhetnek a csillósok is kb. 0,45kg.

Ezt a folyamatot Önök szokták tapasztalni minden évben. Ugyanis, biztos megfigyelték, hogy a téli és tavaszi hónapokban, mindig több iszap keletkezik, mint nyáron vagy az őszi időszakban. Ez nem a baktériumok tevékenysége miatt van így. Ezt a nyáron megjelenő csillósok és ragadozó élőlények okozzák. Ezek zabálják fel az baktériumokat.

Könnyű őket nyomon követni, ugyanis ezek azok az élőlények, amik már 400x-szoros nagyítás mellett is jól láthatók és elemezhetők. Nagyon fontos ismerni őket, de nem azért, hogy a víz minőségét megadják, mert arra ott vannak a sokkal megbízhatóbb kémiai paraméterek, hanem azért, hogy tudjuk, hogy a technológia a helyén van, és a legdrágább költség elem – a keletkező fölösszap mennyiség - a minimálisra van csökkentve.

6. Milyen állapot elérése a cél egy jól működő szennyvíztisztító telepen?

Egy szennyvíztisztító telepen adottságok:

- A szennyezés, vagyis a szennyvíz mennyisége és minősége.
- Megkívánt kibocsátott tisztított víz paraméterei.

Ezeket nem lehet változtatni, ezt el kell fogadnunk adottságnak.

Amin változtatni lehet és befolyásolható:

- Oxigén koncentráció.
- Szennyvíztelep felépítése, medence kialakítása, iszap recirkuláció viszonyai.

Vagyis ez utóbbiakat kell úgy irányítani, hogy a tápanyag piramis minél magasabbra épüljön.

Egy szennyvíztisztító telepen, hogy az csillósok és protozókák megjelenhessenek elégséges oxigént (0,3-3 mg/l), alacsony ammónia terhelést (0-30 mg/l) és alacsony BOI_5 terhelést (0-30 mg/l) kell biztosítani. És úgy irányítani az iszap recirkulációt, hogy az iszap minél hosszabb ideig legyen jó körülmények között.

Ehhez a szennyvíztelepeken a következőket kell tenni:

- Osztott aerob medencét kell építeni
- Az anoxikus és anerob terek térfogatát 20% alá kell csökkenteni a teljes eleveniszapos térhez képest.
- Megfelelő iszap recirkulációt kell kialakítani.

Az így kialakított rendszer előnyei:

- Hatékony oxigénbevétel a több részre osztott aerob medencének köszönhetően.
- 20-30%-os fölösiszap csökkenés.
- Jobb iszap-víztelenítési hatások. (2-4%-os szárazanyagtartalom emelkedés érhető el.)
- Stabil nitrifikáció 8 Celsius-fokig.
- Könnyebben kezelhető fonalásodás/habzás.
- 30-50%-kal magasabb terhelhetőség.
- Egyszerűbb üzemeltetés.

Költség megtakarítás a megfelelően kiépített és üzemeltetett telepen, ahol a csillósok munka végzése biztosított, avval szemben, ahol nem tudnak megjeleni:

- Iszap feldolgozás 25%-os megtakarításával számolva: 14 Ft/m³
- 20%-os elektromos energia megtakarítással számolva: 7,2 Ft/m³
- A stabil üzemmenet és a megfelelő kifolyó víz paraméterek, további 3-5 Ft/m³ előnyt jelentenek.

Összességében: kb. 18-20%-os költségmegtakarítás érhető el a szennyvíztisztító telepeken, ha a csillósok élet tevékenysége biztosított.

7. Összefoglalás:

A biológiai folyamatok irányítása, az ökoszisztémák állandósult állapotának megfelelő szintre emelése együtt jár a költségek hatékony csökkentésével. Ennek a szintnek a kialakítása a szennyvíztisztító telepeken alapvető fontosságú.

Ezek tervezés és betartása a napi munka csökkenése mellett, a kifolyó vizek stabil tisztításával is jár.